

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11046 U.S. PTO  
09/944075  
09/04/01  


別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2000年 9月 5日

出願番号  
Application Number:

特願2000-268934

出願人  
Applicant(s):

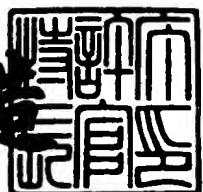
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月 10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3071515

【書類名】 特許願

【整理番号】 12722601

【提出日】 平成12年 9月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39  
H01L 43/08

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 鴻井 克彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 岩崎 仁志

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 福澤 英明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 富田 宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 福家 ひろみ

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 佐 橋 政 司

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100108062

【弁理士】

【氏名又は名称】 日 向 寺 雅 彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、  
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、  
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、  
前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、前記磁化固  
着層及び前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層と、  
前記高導電層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を  
構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有し、実質的に非磁  
性を示し、かつ実質的に結晶質からなる非磁性結晶層と、  
を備えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

前記非磁性結晶層は、B、Si、Ge、W、Nb、Mo、P、V、Sb、Zr  
、Ti、Zn、Pb、Zr、Cr、Sn、Ga、Fe、Co及び希土類金属のう  
ちの少なくともいずれか1つの酸化物を主成分とすることを特徴とする請求項1  
記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

前記非磁性結晶層の膜厚は、0.5nm以上5nm以下であることを特徴とす  
る請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性層を有する磁化固着層と、  
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性層を有する磁化自由層と、  
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、  
前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、前記磁化固  
着層及び前記磁化自由層よりも高い導電率を有する高導電層と、  
前記高導電層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を  
構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有する第1の化合物

層と、

前記第1の化合物層からみて前記高導電層とは反対側に設けられた第2の化合物層と、

を備えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項5】

前記第1の化合物層は、B、Si、Ge、Ta、W、Nb、Al、Mo、P、V、As、Sb、Zr、Ti、Zn、Pb、Al、Sb、Th、Be、Zr、Cd、Sc、La、Y、Pt、Cr、Sn、Ga、Cu、In、Th、Rh、Pd、Pb、Mg、Li、Zn、Ba、Ca、Sr、Mn、Fe、Co、Ni、Cd、Rbなる元素の序列のうちから選択された第1の元素の酸化物を主成分とし、

前記第2の化合物層は、前記元素の序列のうちで前記第1の元素よりも後に位置する元素の酸化物を主成分とすることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】

前記第1の化合物層と前記第2の化合物層の膜厚の合計は、0.5nm以上5nm以下であることを特徴とする請求項4または5に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】

前記高伝導層の膜厚は、0.5nm以上3nm以下であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、

磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、

前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、

を備え、

前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に、前記磁化固着層及び前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層が積層され、

この高導電層に、この高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の酸化物を主成分とし、イオン化したガスを照射することによって形成された層が積層されてなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

## 【請求項9】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、  
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、  
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、  
を備え、

前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に、前記磁化固着層及び  
前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層が積層され、

この高導電層に、この高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の酸化物を  
主成分とし、プラズマ化したガスを照射することによって形成された層が積層さ  
れてなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

## 【請求項10】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、  
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、  
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、  
前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、Cu、Au  
、Ag、Ru、Ir、Re、Rh、Pt、Pd、Al、Os及びNiのうちの少  
なくともいずれか1つを主成分とする金属層と、

前記金属層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を構  
成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有し、実質的に非磁性  
を示し、かつ実質的に結晶質からなる非磁性結晶層と、

を備えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

## 【請求項11】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性層を有する磁化固着層と、  
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性層を有する磁化自由層と、  
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、  
前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、Cu、Au  
、Ag、Ru、Ir、Re、Rh、Pt、Pd、Al、Os及びNiのうちの少  
なくともいずれか1つを主成分とする金属層と、

前記金属層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられた第1の酸化物層と

前記第1の酸化物層からみて前記高導電層とは反対側に設けられた第2の酸化物層と、

を備えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項12】

請求項1～11のいずれか1つに記載の磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項13】

請求項12記載の磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に格納された磁気的情報を読み取り可能としたことを特徴とする磁気再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置に関し、より詳細には、本発明は、電子反射層が設けられたスピナバルブ膜を用いた磁気抵抗効果素子、この磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッド及びこの磁気ヘッドを搭載した磁気再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

スピナバルブ (Spin-Valve: SV) 膜による巨大磁気抵抗効果 (Giant Magnet oResistance effect: GMR) を利用した磁気ヘッドの発明により、近年、磁気記録密度は大幅に向上してきている。SVとは、2つの金属強磁性層の間に非磁性層（「スペーサ層」あるいは「非磁性中間層」などと称される）を挟み、一方の強磁性層（「ピン層」あるいは「磁化固定層」などと称される）の磁化をバイアス磁界等により固定しておき、もう一方の強磁性層（「フリー層」あるいは「磁化自由層」などと称される）の磁化の方向が記録媒体からの磁界に応じて、ピン層に対して相対的に変化することにより、巨大な磁気抵抗が得られるものである (Phys. Rev. B., Vol.45, 806(1992)、J. Appl. Phys., Vol.69, 4774(1991)等参照)。

## 【0003】

これまで、このS V膜を用いた磁気ヘッドの感度を向上させるためにさまざまな工夫が行われてきた。そのなかでも、S V膜の磁気抵抗変化率を向上させる方法として、電子の鏡面反射を利用して、磁気抵抗変化率を向上させる、スペキュラスピンドルバブル (specular spin-valve: S P S V) 膜は、50ギガビット平方インチ (G b p s i) 以上の記録密度を実現する技術として大きな注目を集めている。

## 【0004】

S P S Vは、フリー層あるいはピン層に酸化物を積層して、その界面における電子反射を利用して平均自由行程を伸ばすことにより大きな磁気抵抗効果を得ようとするものである (W.F.Egelhoff et al. J. Appl. Phys. 78(1), 1 July 1995)。これまで、S P S Vを実用デバイスとして用いるために、数ナノメータの酸化層をピン層に挿入した構造や、フリー層に酸化層を積層した構造などが提案されている。

## 【0005】

フリー層側の電子反射層としては、フリー層磁性層に直接Ta、Fe、Ni、Alの酸化物を積層した構造において、MR (MagnetoResistance: 磁気抵抗) 向上の結果が報告されている。また、スピンドルバブル構造 (Spin Filter: S F) を使ったS V膜でも、電子反射層によるMRの増大効果が報告されている。

## 【0006】

S Fは、フリー層に高伝導層を積層した構造で、磁気ヘッド出力のバイアスポート設計において有利な構造で、高記録密度対応の磁気ヘッドにおいて欠かせない構造である。このS F構造において、Cu高伝導層の上にTa酸化物を形成した構造において、MRの改善効果が報告されている。また、Cu高伝導層に10nmのNiOを形成した構造も報告されている。

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところが、これらの酸化物のうちTa、Fe、Alなどの酸化物は、アモルファス（非晶質）または結晶構造が分散した混相になっている。このような場合、

電子反射効果は小さくなり、MRの十分な増大は得られない。また、耐熱性においてもこれらの微細構造では、拡散や変態を起こしやすく、MR特性の劣化につながる。また、NiOは10nm程度の厚さを形成しないと膜質が十分に良好とはいえず、電子反射効果によるMRの増強が小さい。

## 【0008】

記録密度の向上にしたがって、SV膜の全膜厚はより薄くなることが要求されており、前述のような10nmに達する電子反射層は、この見地からデバイスに用いることが困難である。

## 【0009】

さらに、SV膜を搭載した磁気ヘッドを作成する際には、絶縁層としてアルミナをSV膜の上下に形成するが、単純にアモルファスの酸化物上にアルミナを形成すると、酸化物からアルミナへの酸素の拡散が起こり、電子反射層中に部分的な酸素欠損状態が生じたり、金属に還元されたりする部分が出てくる。

## 【0010】

また、磁気ヘッドに加工する工程で、ミリングを行うが、その保護膜として、一般的にTa金属を数nm最上部に積層することが一般的に必要とされている。しかし、この場合にも、Ta金属にO<sub>2</sub>が吸収されて、電子反射層の一部が還元され、酸素欠損部分や還元金属部が電子反射層の中に出現する。これらは、電子反射効果を減退させる大きな原因となり、出力低下を招き、また、長期耐熱性において劣化を示す原因となる。

## 【0011】

以上説明したように、従来の、フリー層側に酸化物電子反射層を積層した構造は、MR向上が見られるものの、実用に供するデバイスとしては、問題点が多く実用が困難であった。

## 【0012】

本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、MR増大効果の得られるフリー層側の電子反射層を改良する構造を提案することにある。すなわち、高い電子反射効果が得られる電子反射層の構造と、実用に供するデバイスとして磁気ヘッド構造に搭載した場合にも良好な特性を維持すること

ができる磁気抵抗効果素子、及びそれを搭載した磁気ヘッド、磁気再生装置を提供することを目的としている。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、前記磁化固着層及び前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層と、前記高導電層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有し、実質的に非磁性を示し、かつ実質的に結晶質からなる非磁性結晶層と、を備えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

## 【0014】

磁化自由層に高伝導層が積層されたSF (spin filter) 構造は、バイアスポート設計を行う上で必須の構成であると同時に、電子反射層としても作用する非磁性結晶層とフリー層との間の拡散を止めて、フリー層の良好な軟磁気特性を得るために必要である。これに積層される非磁性結晶層は、良好な電子反射を得るために、電子ポテンシャルが急峻に変化する必要があり、その観点で、結晶質であることが望ましい。また、複数の相が混在した混層とすると界面における電子ポテンシャルに分布が出るため電子反射特性を十分に得られない。このため、单一な相であることが望ましい。

## 【0015】

ここで、前記非磁性結晶層は、B、Si、Ge、W、Nb、Mo、P、V、Sb、Zr、Ti、Zn、Pb、Zr、Cr、Sn、Ga、Fe、Co及び希土類金属のうちの少なくともいずれか1つの酸化物を主成分とすることが望ましい。

## 【0016】

これらは高伝導電子層として主に用いられるCu (銅) と比較して酸素との結合エネルギーが大きく、酸化しやすいため安定した酸化物が得やすいと同時に、

Cuとの界面での酸素の拡散が起こりにくいからである。

【0017】

また、これらの磁気抵抗効果素子において、非磁性結晶層は5nm以下であることが望ましい。なぜなら、厚すぎると高磁気記録密度への要求からくる、薄膜化の要求を満たす範囲から出てしまう。また、これらが0.5nm以下になると、熱処理等によって均一な膜質であることが困難になり、電子反射特性の低下を招く。そのため、0.5nm以上であることが望ましい。

【0018】

一方、本発明の第2の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固定された強磁性層を有する磁化固定層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性層を有する磁化自由層と、前記磁化固定層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、前記磁化固定層及び前記磁化自由層よりも高い導電率を有する高導電層と、前記高導電層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有する第1の化合物層と、前記第1の化合物層からみて前記高導電層とは反対側に設けられた第2の化合物層と、を備えたことを特徴とする。

【0019】

ここで、「化合物」とは、例えば、酸化物、窒化物、ホウ化物、炭化物などを意味するものである。

【0020】

ここで、第1の化合物層が高伝導層と同じ物質の酸化物である場合には、酸化エネルギーが同じであるため酸素の拡散が電子反射層に起こりやすい。そのため異なる物質の酸化物であることが望ましい。このとき、第1の化合物層の上部に積層される、保護層、あるいは絶縁層との間に主に酸素の拡散を防ぐために、拡散バリア層を設けることが望ましい。

【0021】

また、前記第1の化合物層は、B、Si、Ge、Ta、W、Nb、Al、Mo、P、V、As、Sb、Zr、Ti、Zn、Pb、Al、Sb、Th、Be、Z

r、Cd、Sc、La、Y、Pt、Cr、Sn、Ga、Cu、In、Th、Rh、Pd、Pb、Mg、Li、Zn、Ba、Ca、Sr、Mn、Fe、Co、Ni、Cd、Rbなる元素の序列のうちから選択された第1の元素の酸化物を主成分とし、

前記第2の化合物層は、前記元素の序列のうちで前記第1の元素よりも後に位置する元素の酸化物を主成分とすると、より安定に酸化物を形成することができる。

#### 【0022】

なぜなら、上記の序列においては、後に位置する程、酸素との結合エネルギーが低く酸化しにくいため、高伝導層に最も近い酸化層の酸素の拡散を食い止めるバリアとして機能することができる。

#### 【0023】

また、これらの磁気抵抗効果素子において、電子反射層は5nm以下であることが望ましい。なぜなら、厚すぎると高磁気記録密度への要求からくる、薄膜化の要求を満たす範囲から出てしまう。また、これらが0.5nm以下になると、熱処理等によって均一な膜質であることが困難になり、電子反射特性の低下を招く。そのため、0.5nm以上であることが望ましい。

#### 【0024】

また、磁化自由層の膜厚は、電子反射効果を有効にMR向上に寄与させるためには、ある程度薄いほうがよい。具体的には5nm以下であることが望ましい。しかしながら薄すぎるとアップスピン電子とダウンスピン電子とで平均自由行程の差小さくなってくることによるMR効果の減少が顕著になるため、1nm以上の厚みであることが望ましい。また、磁化自由層は、Co合金、あるいはCo合金とNi合金の積層構造であっても良いが、電子反射効果を得るために積層界面が少ないほうがMRに寄与しない電子散乱を避けることができるため、単層のCo合金を用いるほうが望ましい。

#### 【0025】

一方、本発明の第3の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固定された強磁性膜を有する磁化固定層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化す

る強磁性膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、を備え、

前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に、前記磁化固着層及び前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層が積層され、

この高導電層に、この高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の酸化物を主成分とし、イオン化したガスを照射することによって形成された層が積層されてなることを特徴とする。

#### 【0026】

また、本発明の第4の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性膜を有する磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、を備え、

前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に、前記磁化固着層及び前記磁化自由層よりも高い導電性を有する高導電層が積層され、この高導電層に、この高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の酸化物を主成分とし、プラズマ化したガスを照射することによって形成された層が積層されてなることを特徴とする。

#### 【0027】

これらの磁気抵抗効果素子において、高伝導層はバイアスポイント調整のために必要な電流磁界を得るために厚みを調整する必要があるが、一般的に3nmを超えると著しくMR変化率が減少してくるため、3nm以下であることが望ましい。さらに好ましくは2nm以下であると良い。また一方で、0.5nm以下になると、電子反射層として作用する層との間で酸素等の拡散が起こり軟磁気特性等に支障をきたすため、0.5nm以上であることが望ましい。特に、電子反射層が反強磁性体などの磁気秩序を持つ場合には磁気結合が出てくる可能性があるため、やはり0.5nm以上必要であり、好ましくは0.8nm以上あることが望ましい。

#### 【0028】

一方、本発明の第5の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固

着された強磁性膜を有する磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、Cu、Au、Ag、Ru、Ir、Re、Rh、Pt、Pd、Al、Os及びNiのうちの少なくともいずれか1つを主成分とする金属層と、

前記金属層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられ、前記高導電層を構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有し、実質的に非磁性を示し、かつ実質的に結晶質からなる非磁性結晶層と、

を備えたことを特徴とする。

#### 【0029】

また、本発明の第6の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された強磁性層を有する磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する強磁性層を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性中間層と、前記磁化自由層からみて前記非磁性中間層とは反対側に設けられ、Cu、Au、Ag、Ru、Ir、Re、Rh、Pt、Pd、Al、Os及びNiのうちの少なくともいずれか1つを主成分とする金属層と、前記金属層からみて前記磁化自由層とは反対側に設けられた第1の酸化物層と、前記第1の酸化物層からみて前記高導電層とは反対側に設けられた第2の酸化物層と、を備えたことを特徴とする。

#### 【0030】

上述のいずれの磁気抵抗効果素子についても、磁化固着層において、電子反射層を磁化固着層中に形成することでさらに電子反射効果を高めることができる。すなわち、電子鏡面反射が両面で起こることで、擬似的に磁気多層膜と同じ構造を得ることができるからである。

#### 【0031】

また、上記の構造においては、磁化固着層は強磁性層の間にRu（ルテニウム）を形成した、シンセティック反強磁性構造と呼ばれる構造を併用することで、バイアスポイント設計、及び、ピン層の磁気安定性を高めることができる。

#### 【0032】

またこれらのS V膜において、ピン層の交換バイアス膜はP t M n、I r M n、N i M n、F e M n、R h M n、R u M nなどのM n系反強磁性体を用いることができる。

## 【0033】

またこれらの磁気抵抗効果素子は、積層順において、反強磁性膜をピン層の下部に形成したボトムタイプS Vでも、反強磁性膜をピン層の上部に形成したトップタイプS Vでもどちらでも有効である。

## 【0034】

上述の磁気抵抗効果素子は、磁気記録再生装置において媒体の記録データを読み取る磁気ヘッドとして用いることができる。また、M R A M (magnetic random access memory) として用いることができる。

## 【0035】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

## (第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構成を表す概念図である。すなわち、本実施形態の磁気抵抗効果素子は、図示しない基板の上に、下地層11、反強磁性層12、ピン層13、非磁性中間層14、フリー層15、高導電層16、電子反射層17、保護層20がこの順に積層された構成を有する。

## 【0036】

本実施形態においては、フリー層15側に設けられた電子反射層17は、アモルファスではなく、実質的に結晶質の单一な層により構成される。結晶質の单一な層とは、電子反射層17が単結晶または多結晶からなることを意味し、例えば、アモルファスの中に微細結晶粒が点在するような混在した層ではないという意味である。

## 【0037】

このように、フリー層15の外側に設けられる電子反射層17を結晶質の单一な層とすることにより、電子反射特性を向上させ、同時に熱的にも安定させるこ

とができる。すなわち、結晶質の单一な層とすれば、高導電層16との界面において急峻なポテンシャルの分布を形成することができ、電子を効果的に反射させることができる。

## 【0038】

また、電子反射層17がアモルファスあるいはアモルファスと微細結晶粒との混在層であると、高温状態において拡散や相変態が生じやすく、高導電層16との界面での原子組成分布も急峻性を失いやすくなる。その結果として、ポテンシャルの分布も急峻性を失い、電子の反射特性が劣化することとなる。

## 【0039】

これに対して、本実施形態によれば、電子反射層17を結晶質の单一な層とすることにより、高温状態においても、原子の拡散や相変態などが生じにくくなり、熱的に極めて安定させることができる。その結果として、高い電子反射特性を維持することができる。

## 【0040】

ここで、「結晶質」か否かは、TEM (transmission electron microscopy: 透過型電子顕微鏡) 観察によって得られる格子像から判断することができる。すなわち、格子像において秩序的な配列が観察されれば結晶質であると判断することができる。

## 【0041】

あるいは、電子線回折像においてスポット状のパターンが観察された場合には、電子線の照射範囲は実質的に単結晶であり、「結晶質」であると判断することができる。また、電子線回折像においてリング状のパターンが得られた場合には、電子線の照射範囲は多結晶状態であり、「結晶質」であると判断することができる。

## 【0042】

電子反射層17を構成する物質として望ましいのは、B、Si、Ge、W、Nb、Mo、P、V、Sb、Zr、Ti、Zn、Pb、Zr、Cr、Al、Sn、Ga、Fe、希土類金属、の中から選ばれる少なくとも1つを含んでいる酸化物である。この中でも、非磁性になる酸化物が望ましい。ここでいう「非磁性」

とは、「常磁性」、「反強磁性」あるいは「反磁性」のことであり、自発磁化を持たないという意味である。この中でも、熱的に安定な  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{W}-\text{O}$ 、 $\text{Nb}-\text{O}$ 、 $\text{Mo}-\text{O}$ 、 $\text{V}-\text{O}$ 、 $\text{TiO}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  を主とする酸化物は、耐熱性の観点からも望ましい。

## 【0043】

これらが「非磁性」であるか否かは、EDX (Energy Dispersive X-ray spectroscopy) などによる組成分析で得られた結果から、それと同組成のバルクあるいは薄膜の磁化測定を行うことで知ることができる。

## 【0044】

電子反射層17の上に設けられる保護層20の材料としては、Ta (タンタル) や、あるいは絶縁層として主にアモルファス (非晶質) アルミナなどが積層される。これらの材料は、酸化されやすいTaやAlなどの元素を含有するため、電子反射層17から酸素を吸収しやすい。しかし、本実施形態によれば、電子反射層17を「結晶質」とすることによって十分に安定な酸化物とすることができます。その結果として、電子反射層17から保護層20への酸素の拡散を抑えることができる。

## 【0045】

電子反射層17の酸化物を形成する方法は、チャンバー内に酸素を導入したり、ラジカル酸素を含む酸化処理によって作成する方法、あるいはイオン化したガスを照射することによって作成することができる。特に、活性状態の反応ガスを用いることで、より安定性が高く、安定な結晶構造を有する酸化物を形成することができる。このとき反応ガス自身をイオン化して照射しても良いし、アルゴンやキセノンやネオンをイオン化して照射しながら別の場所からチャンバー内に導入しても良い。

## 【0046】

このとき、反応ガスによる影響が高導電層に達すると、熱安定性の劣化や、MRの劣化を招くため、反応は高導電層との界面で止まっていなければならない。従って、活性ガスを用いて化学的に強力に処理すると同時に、強度的には弱い方が形成が容易である。

## 【0047】

または、スパッターによって作成することもできるが、このときR Fスパッターによって作成するよりもイオンビームスパッターによる形成の方が、膜質をコントロールしやすいため良好な結晶性の膜を得ることができる。

## 【0048】

電子反射層17の膜厚は、熱安定性と、均質な膜質を得るために0.5 nm以上であることが必要である。また一方で、電子反射層17を5 nm以上の厚みに形成すると、磁気ヘッドを形成したとき、高密度記録に対応するシールド間距離に挿入することが困難になる。このため、電子反射層17の厚みは5 nm以下にすることが望ましい。

## 【0049】

また、フリー層15の膜厚は、電子反射効果を有效地にMR向上に寄与させるためには、ある程度薄いほうがよい。具体的には、5 nm以下であることが望ましい。しかしながら、薄すぎるとアップスピン電子とダウンスピン電子とで平均自由行程の差小さくなることによるMR効果の減少が顕著になるため、1 nm以上の厚みであることが望ましい。

## 【0050】

また、フリー層15は、Co合金、あるいはCo合金とNi合金の積層構造であっても良いが、電子反射効果を得るためにには積層界面が少ないほうがMRに寄与しない電子散乱を避けることができるため、単層のCo合金を用いるほうが望ましい。

## 【0051】

一方、ピン層13は、その中に図示しない電子反射層を有する構造であってもよく、また同時に、シンセティック反強磁性構造であっても良い。シンセティック反強磁性構造を用いない場合、反強磁性交換バイアス膜12の下部にバイアス調整層として、図示しない強磁性層を形成しても良い。シンセティック反強磁性構造は、Ru（ルテニウム）を用いて結合していても良いし、図示しない電子反射層自体が反強磁性結合を担っていても良い。これは、酸化物反強磁性体や、酸化物フェリ磁性体を膜厚コントロールして得ることができる。

## 【0052】

## (第2の実施の形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

図2は、本実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構成を表す概念図である。すなわち、図示しない基板の上には、下地層11、反強磁性層12、ピン層13、非磁性中間層14、フリー層15、高導電層16、第1の電子反射層17、第2の電子反射層18、保護層20がこの順に積層された構成を有する。つまり、この構成では、フリー層側に2層以上の電子反射層17、18が設けられている。

## 【0053】

本実施形態においては、この2層の電子反射層の材料を適宜選択することにより、化学的に安定した電子反射作用を得ることができる。すなわち、酸素との結合エネルギーが異なる材料を2層以上積層することで、酸素の拡散を押さえ、良好な電子反射界面を維持することができる。

## 【0054】

具体的には、フリー層15に近い第1の電子反射層17を、フリー層15から遠い第2の電子反射層18よりも酸化しやすい元素の酸化物により構成する。このようにすると、第2の電子反射層18は、第1の電子反射層17から保護層20に対する酸素の拡散を阻止するバリアとして機能する。

## 【0055】

すなわち、これら電子反射層17、18の上に形成される保護層20の材料としては、Ta(タンタル)や、あるいは絶縁層として主にアモルファス(非晶質)アルミナなどが積層される。これらの材料は、酸化されやすいTaやAlなどの元素を含有するため、近傍の電子反射層から酸素を吸収しやすい。これに対して、本実施形態によれば、保護層20に近い第2の電子反射層18から保護層20への酸素の拡散が生じたとしても、第1の電子反射層17から第2の電子反射層18への酸素の流出は生じにくい。これは、第1の電子反射層17の方が、より酸化されやすい元素を含むからである。つまり、第2の電子反射層18が酸素の拡散に対する「バリア」として作用し、第1の電子反射層17からの酸素の流

出を効果的に防止することができる。

## 【0056】

より具体的には、第1の電子反射層17が、B、Si、Ge、Ta、W、Nb、Al、Mo、P、V、As、Sb、Zr、Ti、Zn、Pb、Al、Sb、Th、Be、Zr、Cd、Sc、La、Y、Pt、Cr、Sn、Ga、Cu、In、Th、Rh、Pd、Pb、Mg、Li、Zn、Ba、Ca、Sr、Mn、Fe、Co、Ni、Cd、Rbの中から選択された第1の元素を含む物質の酸化物からなり、かつ、い第2の電子反射層18が、上記の元素配列において、第1の電子反射層17に含まれている第1の元素よりも右側に並ぶ元素のうちから選択された第2元素を含む酸化物からなるものとする。

## 【0057】

上記の元素の配列においては、左から右に行くにつれて、酸素との結合エネルギーが低く、酸化しにくくなる。つまり、上述の如く、第1の電子反射層17を、より左側の元素の酸化物により形成すれば、この電子反射層17は第2の電子反射層18よりもより安定となり、第2の電子反射層18は酸素の拡散を阻止するバリアとして機能する。

## 【0058】

保護層20としては、前述したように、Taやアモルファスアルミナなどが形成されるが、アモルファスアルミナが電子反射層18の上に直接形成されると酸素の吸収が激しいので、Taなどを介してアモルファスアルミナを積層すると良い。

## 【0059】

高伝導層16に最も近い第1の電子反射層17は、第1実施形態のように結晶質であるとさらに良好な電子反射特性が得られるが、本実施形態のように酸素拡散を防ぐ構成をとれば、アモルファスでもある程度良好な特性が安定して得られる。

## 【0060】

第1の電子反射層17とその外側の第2の電子反射層18の具体的な組み合せとしては、前者にTa酸化物、後者にNi酸化物、あるいは前者にTa酸化物

、後者にA1酸化物、あるいは前者にCr酸化物、後者にNi酸化物、あるいは前者にA1酸化物、後者にNi酸化物のいずれかをそれぞれ主成分とした構成を用いると、良好な特性が得られる。

## 【0061】

これらの酸化物を形成する方法としては、ラジカル酸素を含む酸化処理によって作成する方法、あるいはイオン化した酸素を含むガスを照射することによって作成する方法などを挙げることができる。または、スパッタによって作成することもできるが、このときRFスパッタによって作成するよりもイオンビームスパッタによる形成の方が、膜質を制御しやすいため良好な結晶性の膜を得ることができる。

## 【0062】

電子反射層17、18の膜厚は、熱安定性と、均質な膜質を得るために0.5nm以上とすることが望ましい。また、一方で5nm以上形成すると、磁気ヘッドを形成したとき、高密度記録に対応するシールド間距離に挿入することが困難になる。このため5nm以下にすることが望ましい。

## 【0063】

また、フリー層15の膜厚は、電子反射効果を有效地にMR向上に寄与させるためには、ある程度薄いほうがよい。具体的には5nm以下であることが望ましい。しかしながら薄すぎるとアップスピン電子とダウンスピン電子とで平均自由行程の差小さくなってくることによるMR効果の減少が顕著になるため、1nm以上の厚みであることが望ましい。

## 【0064】

また、フリー層15は、Co合金、あるいはCo合金とNi合金の積層構造であっても良いが、電子反射効果を得るためにには積層界面が少ないほうがMRに寄与しない電子散乱を避けることができるため、単層のCo合金を用いるほうが望ましい。

## 【0065】

一方、ピン層13は、図示しない電子反射層を有する構造であってもよく、また同時に、シンセティック反強磁性構造であってもかまわない。シンセティック

反強磁性構造を用いない場合、反強磁性交換バイアス膜となる反強磁性層12の下にバイアス調整層として、図示しない強磁性層を形成しても良い。シンセティック反強磁性構造は、Ruを用いて結合していても良いし、図示しない電子反射層自体が反強磁性結合を担っていても良い。これは、酸化物反強磁性体や、酸化物フェリ磁性体を膜厚コントロールして得ることができる。

## 【0066】

以上説明した具体例においては、電子反射層を2層構成とした場合を例示したが、本発明はこれには限定されず、電子反射層を3層あるいはそれ以上の多層構成としても良い。

## 【0067】

図3は、電子反射層を3層構成とした場合の構成を例示した概念図である。すなわち、同図のスピナバルブ素子においては、高導電層16の上に第1の電子反射層17、第2の電子反射層18、第3の電子反射層19がこの順に積層されている。ここで、第1の電子反射層17と第2の電子反射層18との関係は図2に関して前述したものと同様である。すなわち、第1の電子反射層17の方が、より酸化されやすい元素の酸化物として形成されている。

## 【0068】

一方、第3の電子反射層19については、第2の電子反射層18よりも、より酸化されやすい元素の酸化物により形成しても良く、逆に、第2の電子反射層18よりも、より酸化されにくい元素の酸化物により形成しても良い。

## 【0069】

第3の電子反射層19を酸化されやすい元素により形成した場合、第3の電子反射層19自体が安定な酸化物となり、第3の電子反射層19から保護層20に対する酸素の流出を抑制することができる。その結果として、下層の第1及び第2の電子反射層17、18に対しても、酸素の拡散バリアとして作用させることができる。

## 【0070】

一方、第3の電子反射層19を酸化されにくい元素により形成した場合は、この電子反射層19から保護層20に対する酸素の流出は生じやすくなる。しかし

、図2に関して前述したメカニズムと同様に、第1及び第2の電子反射層17、18は、より酸化されやすい元素を含んでいるため、第1及び第2の電子反射層17、18から第3の電子反射層19への酸素の流出は生じにくくなる。つまり、第3の電子反射層19は、第1及び第2の電子反射層17、18に対して酸素の拡散バリアとして作用することができる。

## 【0071】

図3においては、電子反射層を3層構成とした場合を例示したが、本発明はこれ以外にも、電子反射層を4層あるいはそれ以上の多層構造とした構成も包含する。これらいずれの場合にも、フリー層15に最も近い電子反射層とそれに隣接した電子反射層との間で、図2に関して前述した関係が維持されれば良い。

## 【0072】

以上説明したように、本実施形態によれば、フリー層の上の電子反射層を多層構造とし、フリー層に最も近い電子反射層を、それに隣接した電子反射層よりも酸化されやすい元素の酸化物により形成することにより、安定した電子反射特性を実現することができる。

## 【0073】

## (第3の実施の形態)

図4は、本発明の磁気ヘッドの要部断面構成を表す概念図である。すなわち、基板101の上には、アルミナギャップ層102が形成され、この上に選択的に本発明の磁気抵抗効果素子SVが設けられる。磁気抵抗効果素子SVとしては、第1乃至第2実施形態に関して前述したいずれかの素子を用いる。磁気抵抗効果素子SVの両端には、フリー層の磁化をバイアスさせる目的で一対のバイアス層103、103が設けられる。バイアス層103は、強磁性体あるいは反強磁性体からなる。

## 【0074】

さらに、磁気抵抗効果素子SVの両端には、センス電流を供給するための一対の電極104、104が設けられ、これらの上には、アルミナギャップ層105、ヘッド保護膜106が形成される。

## 【0075】

ここで、シールド間距離は50nmから100nm程度であり、トラック幅は0.15から0.3ミクロン程度とすることができる。

## 【0076】

## (実施例)

以下に本発明の実施例について説明する。

## 【0077】

スパッタ法により、以下のような構成のSV膜を作成してMR特性の比較を行った。

## 【0078】

Ta 3 nm (下地層) / NiFeCr 3 nm (下地層) /  
 PtMn 10 nm (反強磁性層) / CoFe 1.5 nm (ピン層) /  
 Ru 0.9 nm (ピン層) / CoFe 0.5 nm (ピン層) /  
 Fe酸化物 1.5 nm (電子反射層) / CoFe 2 nm (ピン層) /  
 Cu 2 nm (非磁性中間層) / CoFe 2 nm (フリー層) /  
 Cu 1 nm (高導電層) / X (電子反射層) /  
 アモルファスアルミナ 100 nm

このSV膜において、種々の酸化方法により酸化処理を施して、電子反射層Xとして膜厚1nmのFe酸化物あるいはCr酸化物を形成し、EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) による生成物の種類及びその存在比、および断面TEMによる結晶性の観察を行った。この結果を以下にまとめた。

## 【0079】

試料	X	酸化方法	組成
		(膜厚1nm)	(270°C 10時間真空中熱処理後)

実施例1 Fe酸化物 酸素イオン照射30秒

FeO:Fe2O3:Fe3O4

=0.5:8.5:1.5

実施例2 Fe酸化物 酸素ラジカル照射30秒 FeO:Fe2O3:Fe3O4  
 $=0.5:8.5:1.5$

実施例3 Fe酸化物 Fe2O3のイオンビームスパッタ FeO:Fe2O3:Fe3O4  
 $=0.5:8.5:1.5$

実施例4 Cr酸化物 酸素イオン照射30秒 Cr:Cr2O3=0:10

実施例5 Cr酸化物 酸素ラジカル照射30秒 Cr:Cr2O3=0:10

比較例1 Fe酸化物 自然酸化 FeO:Fe2O3:Fe3O4  
 $=5:1:4$

比較例2 Fe酸化物 酸素イオン照射15秒 FeO:Fe2O3:Fe3O4  
 $=0.5:1.5:8.5$

比較例3 Cr酸化物 自然酸化 Cr:Cr2O3=0.5:9.5

ここで、実施例1及び2と比較例1及び2においては、電子反射層XのFe物を形成するに際して、まず、金属Feを1nmの厚みに形成してから、酸化処理を施した。

#### 【0080】

酸化処理は、自然酸化の場合、 $10^{-6}$  Torrのオーダーの雰囲気で行った。イオン照射の場合、Ar（アルゴン）を1sccm、O<sub>2</sub>（酸素）を5sccm導入してプラズマ化し、加速電圧は50eVで行った。

#### 【0081】

酸素ラジカル照射は、Arを1sccm、O<sub>2</sub>を5sccm導入してプラズマ化して、基板から10~15cmだけ離した照射口から差圧によって導入した。

#### 【0082】

イオンビームスパッタは、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のターゲットをArでスパッタした。また、1sccmの酸素をArに混合した。

#### 【0083】

これらの試料のMR特性を評価した結果を以下にまとめる。

## 【0084】

試料 270°C、10時間アニール後 270°C、30時間後

実施例 1	1 6 %	1 6. 1 %
実施例 2	1 5. 8 %	1 6 %
実施例 3	1 5. 7	1 6 %
実施例 4	1 6. 5 %	1 6. 5 %
実施例 5	1 6. 3 %	1 6. 4 %
比較例 1	1 2 %	1 0 %
比較例 2	1 5 %	1 4 %
比較例 3	1 3. 5 %	1 4 %

比較例 1 が 1 2 % にとどまったのに対して、比較例 2、実施例 1 ~ 3 は 1 5 % 以上の大きな値を示した。これは、比較例 1 では、Fe 酸化物の様々な相が混在しており、電子ポテンシャルがばらつくため良好な電子反射が得られないことが原因であると考えられる。断面 TEM によっても、比較例 1 がアモルファス状の形態が随所に見られるのに対して、比較例 2、実施例 1 ~ 3 では、酸化層自体がエピタキシャルに成長している様子が観察できた。このように、エネルギーを与えた酸化処理を行うことによって、酸化物が明確な結晶格子を作ることがわかった。また、それにより MR が向上することがわかった。

## 【0085】

一方、比較例 2 の磁化測定を試みたところ、実施例と比べて明確な自発磁化の違いが観察できて、その違いは全体の磁化の 5 % であった。このことから、バイアスポイントにずれが出ることがわかった。これは、フェリ磁性成分である Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> が多く含まれるためである。

## 【0086】

一方、実施例では、磁化測定の結果、Fe 酸化物を形成しない場合と優位な差が見られなかった。そのため膜厚設計通りのバイアスポイント調整が可能であった。また、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は反強磁性体であるが、この場合も、自然酸化の場合には

金属相との混合状態が形成されていること、および結晶格子像がアモルファス成分を多く含むことから電子反射効果が若干抑制されていることがわかった。

## 【0087】

一方、酸素ラジカル照射およびイオン照射では、断面TEMでも結晶性の良い膜になっていることがわかった。MR特性も良好な特性が得られた。また、Co、Fe、Ni、Crの内から選ばれる合金のコランダム酸化物はすべてよいMR特性を示した。また、これらに5%以下のSi、Mg、Al、Bなどを加えたものも良いMR特性と耐熱性を示した。

## 【0088】

次に、Xの構成として以下のような構造を作成した。

## 【0089】

試料	構成
----	----

実施例6	Ta酸化物2nm/NiO2nm/Ta3nm
実施例7	Ta酸化物2nm/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2nm/Ta3nm
実施例8	Ta酸化物2nm/NiO2nm
実施例9	Ta酸化物2nm/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2nm
比較例4	Ta酸化物2nm/3Ta
比較例5	Ta酸化物2nm
比較例6	NiO2nm/Ta酸化物2nm/Ta3nm
比較例7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2nm/Ta酸化物2nm/Ta3nm
比較例8	NiO2nm/Ta酸化物2nm
比較例9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2nm/Ta酸化物2nm

上記の酸化層は、すべて、金属層を形成しイオンビーム照射により酸化させて作成した。以下に、これらのMR測定の結果を示す。

## 【0090】

試料 270°C、10時間アニール後 270°C、30時間後

実施例 6	1 5 %	1 4. 9 %
実施例 7	1 5. 1 %	1 4. 9 %
実施例 8	1 5. 3 %	1 5. 3 %
実施例 9	1 5. 3 %	1 5. 2 %
比較例 4	1 1 %	9. 8 %
比較例 5	1 4. 2 %	1 1. 9 %
比較例 6	1 1. 1 %	1 0 %
比較例 7	1 4. 3 %	1 3 %
比較例 8	1 1. 4 %	1 0. 1 %
比較例 9	1 4. 8 %	1 3. 5 %

比較例 4 では、2種類のアニールで両方とも MR が実施例に比べて 4 ~ 5 % 小さくなっている。これは Ta 酸化層の酸素が同種の金属である保護膜 Ta に拡散しやすいために、Cu 層（高導電層）との界面に酸素欠損部分あるいは金属 Ta が析出したことが原因である。

## 【0091】

EDX観察によって、界面からアニール後に酸素が大きく減少していることが判明した。それに対して実施例 6、7 では、MR は 15 % 程度の値であり、耐熱性も大きく向上している。これは、NiO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などが、酸素拡散バリアとして機能するからである。EDX観察によって、界面の酸素がアニール前後で変化しないことがわかった。

## 【0092】

また、比較例 5 では、層 X がアモルファス Ta 酸化物であるため、短時間のアニールでは良い特性を示すが、長時間の耐熱性では、アモルファスであるために酸素がアモルファスアルミナとの間で行き来するため、Ta 酸化物界面での電子

ポテンシャルが変化して、特性が劣化してしまう。

## 【0093】

比較例6、8では、界面にNiOを形成したため、良好な電子反射特性を得ることができなかった。NiOは、2-5nm程度の膜厚では良好な膜質を得ることが困難で、ここでの例でもCuとの界面で島状に成長していることが確認できた。

## 【0094】

比較例7、9は、短時間のアニールでは良好な特性を示し、長時間のアニールでもある程度の特性を保っている。しかしながら、実施例7、9と比較すると若干特性が劣っている。これは、比較例7、9でも酸化層を積層したことによって全体的には酸素の拡散が抑えられているが、TaのほうがAlよりも酸素との結合エネルギーが大きいため若干は酸素がTa酸化物中に吸い上げられ、界面状態が変化したことが原因であると考えられる。

## 【0095】

また、これらの比較例の全てにおいて、270°Cで50時間のアニールによって、酸化物層間、あるいは酸化物と保護膜、あるいは絶縁膜アモルファスアルミニウムの間に金属原子の拡散が起こっていることがわかった。これに対して、すべての実施例においては、同様のアニールの後にも特性に大きな変化は無く、2~3%程度の拡散であれば問題は無いことがわかった。

## 【0096】

また、これらの酸化物に5%以下のSi、Mg、Al、Bなどを加えたものも良い耐熱性を示した。特に、Cu層に接する酸化物においてはEDXによる分析の結果、その外側に積層されている酸化層への酸素の拡散がより抑えられていることがわかった。

## 【0097】

以上のように、酸素との結合エネルギーの異なるものを積層した構造は、効率よく酸素拡散を抑制することが判明した。

## 【0098】

以上、具体例を参照しつつ本発明の磁気抵抗効果素子及び磁気ヘッドについて

説明した。

【0099】

次に、本発明の本発明の磁気再生装置について説明する。以上説明した本発明の磁気抵抗効果素子及び磁気ヘッドは、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込まれ、磁気再生装置に搭載することができる。

【0100】

図5は、このような磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気記録再生装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、長手記録用または垂直記録用磁気ディスク200は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。磁気ディスク200は、磁気ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれかの磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

【0101】

磁気ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面（A B S）は磁気ディスク200の表面から所定の浮上量をもって保持される。

【0102】

サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

【0103】

アクチュエータアーム155は、固定軸157の上下2箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回

転摺動が自在にできるようになっている。

【0104】

図6は、アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアッセンブリ160は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム151を有し、アクチュエータアーム155の一端にはサスペンション154が接続されている。

【0105】

サスペンション154の先端には、ヘッドスライダ153が取り付けられ、その先端には、前述したいずれかの磁気抵抗効果素子を用いた再生用磁気ヘッドが搭載されている。記録用ヘッドを組み合わせても良い。サスペンション154は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線164を有し、このリード線164とヘッドスライダ153に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電気的に接続されている。図中165は磁気ヘッドアッセンブリ160の電極パッドである。

【0106】

ここで、ヘッドスライダ153の媒体対向面（A B S）と磁気ディスク200の表面との間には、所定の浮上量が設定されている。本発明の磁気再生装置は、スライダ153が磁気ディスク200の表面から所定の距離だけ浮上した状態で動作する「浮上走行型」でも良く、スライダ153と磁気ディスク200とを逆に積極的に接触させて、走行させる「接触走行型」であっても良い。

【0107】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【0108】

例えば、本発明の磁気抵抗効果素子は、図1乃至図3に例示したものに限定されず、その積層構成、各層の膜厚や材質については、当業者が適宜選択して本発明と同様の効果を同様に得ることができる。さらに、各層を構成する材料については、素子の成膜中、あるいは成膜後における各工程の処理の際に、素子が導入される雰囲気の温度・周辺ガス等によって、層の元素が隣接する層へと拡散した

り、さらに他の層へと拡散することも考えられる。このような拡散が生じても、最終的に得られた素子において、本発明の全構成が実質的に確認できれば、これは本発明の範囲内にあるということができる。

#### 【0109】

また、磁気ヘッドを構成する各要素の材料や形状などに関しても、具体例として前述したものには限定されず、当業者が選択しうる範囲のすべてを同様に用いて同様の効果を奏し得る。

#### 【0110】

また、磁気再生装置に関しても、再生のみを実施するものでも、記録・再生を実施するものあっても良く、また、媒体は、ハードディスクには限定されず、その他、フレキシブルディスクや磁気カードなどのあらゆる磁気記録媒体を用いることが可能である。さらに、磁気記録媒体を装置から取り外し可能した、いわゆる「リムーバブル」の形式の装置であっても良い。

#### 【0111】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、フリー層側の電子反射層として結晶質の酸化物を用いることで良好な電子反射特性と、良好な耐熱性及び信頼性を得ることができる。

#### 【0112】

また、本発明によれば、フリー層側の電子反射層を2層以上の積層構造とすることによって、さらに酸素拡散を抑制することができる。

#### 【0113】

その結果として、50Gbpsあるいはそれ以上の記録密度の磁気記録再生技術を実現することができ、産業上のメリットは多大である。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構成を表す概念図である。

##### 【図2】

本発明の第2の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構成を表す概念図である。

## 【図3】

電子反射層を3層構成とした場合の構成を例示した概念図である。

## 【図4】

本発明の磁気ヘッドの要部断面構成を表す概念図である。

## 【図5】

本発明による磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。

## 【図6】

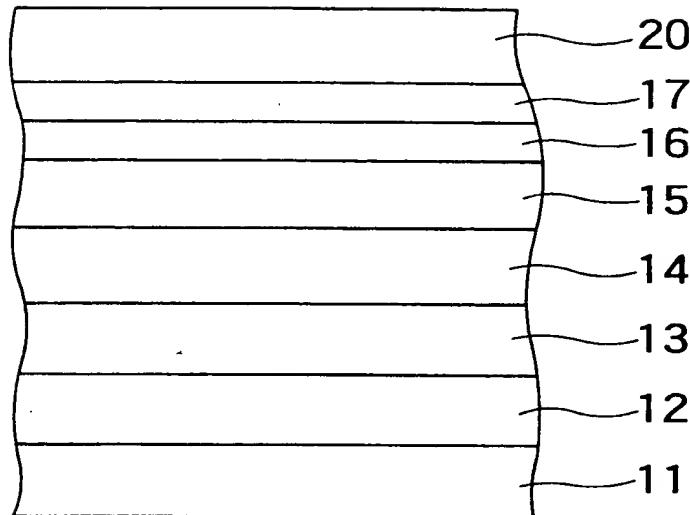
アクチュエーターム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

## 【符号の説明】

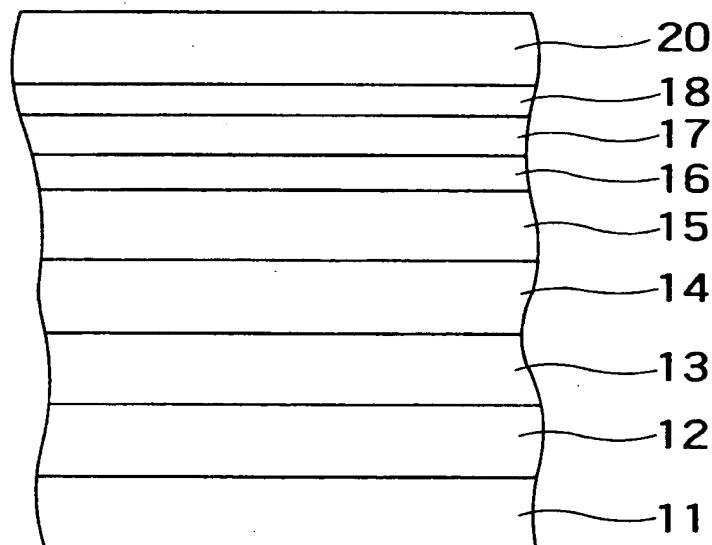
- 1 1 下地層
- 1 2 反強磁性層
- 1 3 ピン層
- 1 4 非磁性中間層
- 1 5 フリー層
- 1 6 高導電層
- 1 7 第1の電子反射層
- 1 8 第2の電子反射層
- 1 9 第3の電子反射層
- 2 0 保護層
- 1 5 0 磁気記録装置
- 1 5 1 磁気ディスク
- 1 5 3 ヘッドスライダ
- 1 5 4 サスペンション
- 1 5 5 アクチュエーターム
- 1 5 6 ボイスコイルモータ
- 1 5 7 固定軸

【書類名】 図面

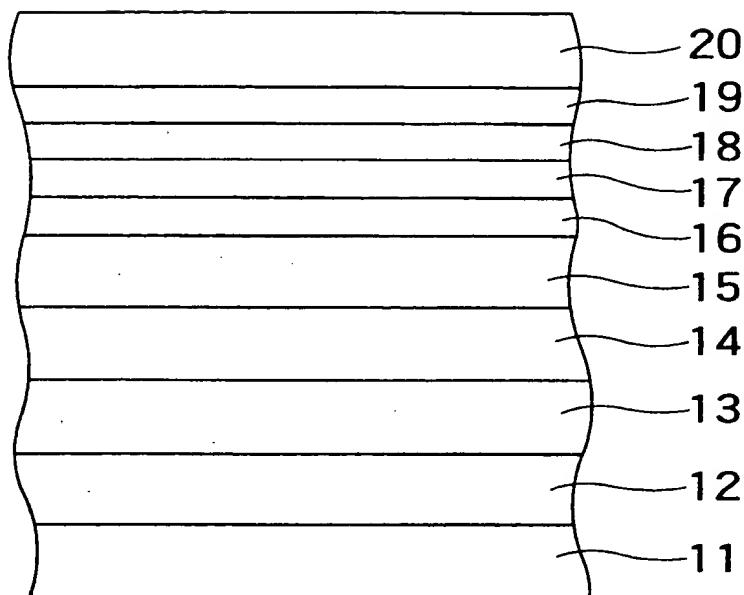
【図1】



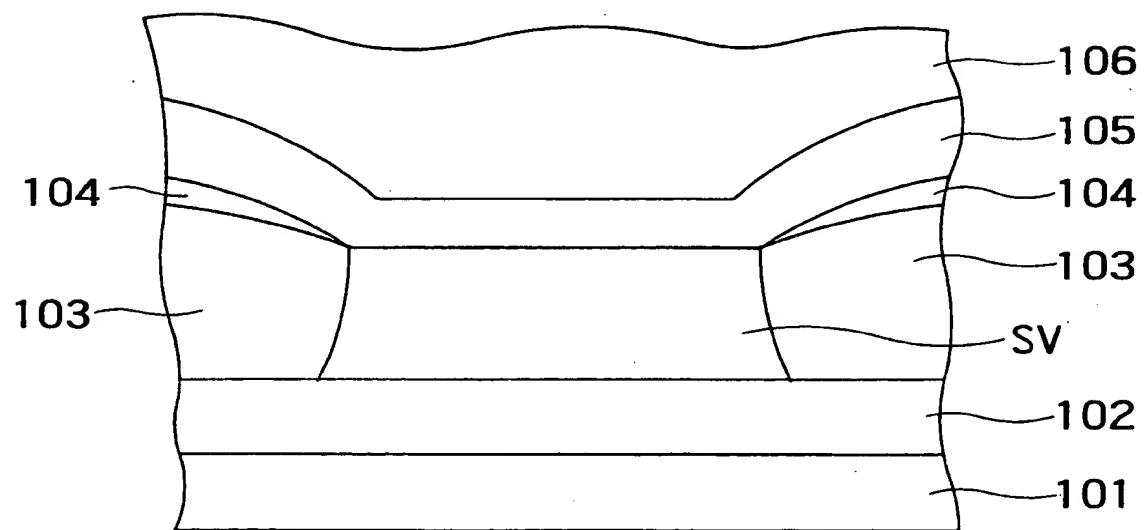
【図2】



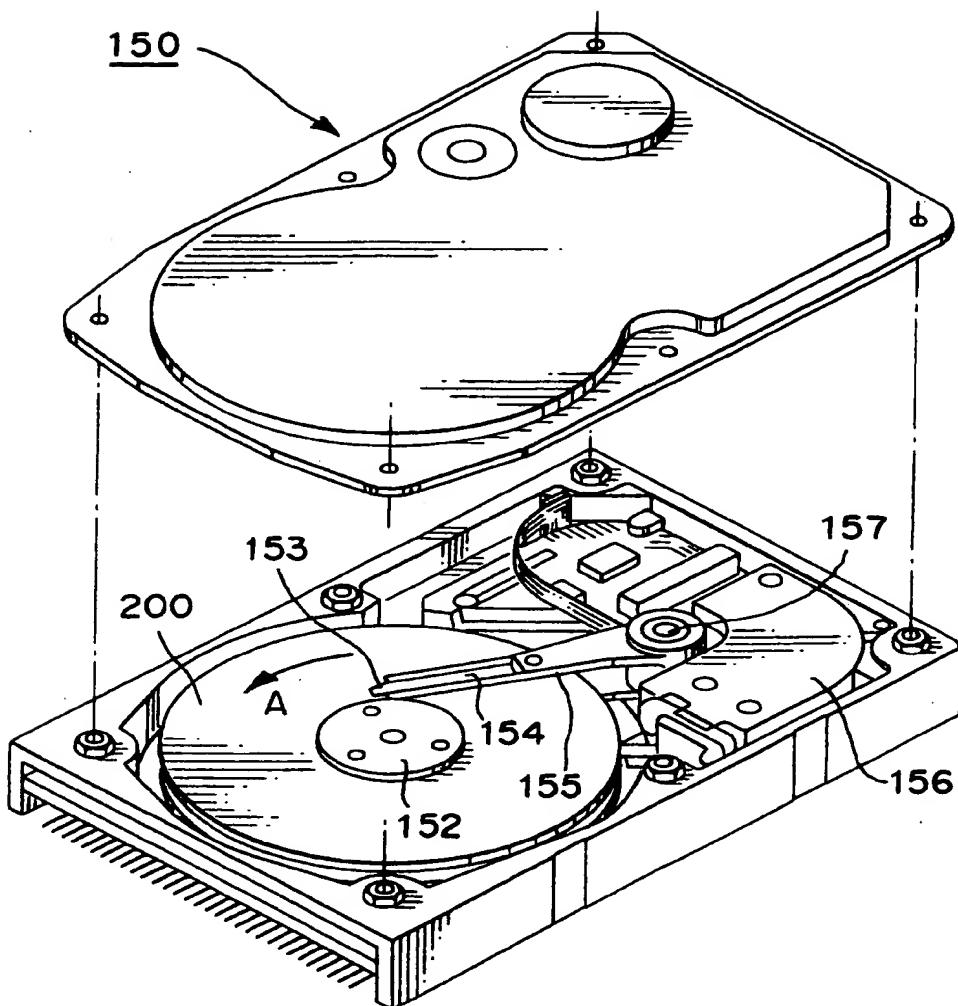
【図3】



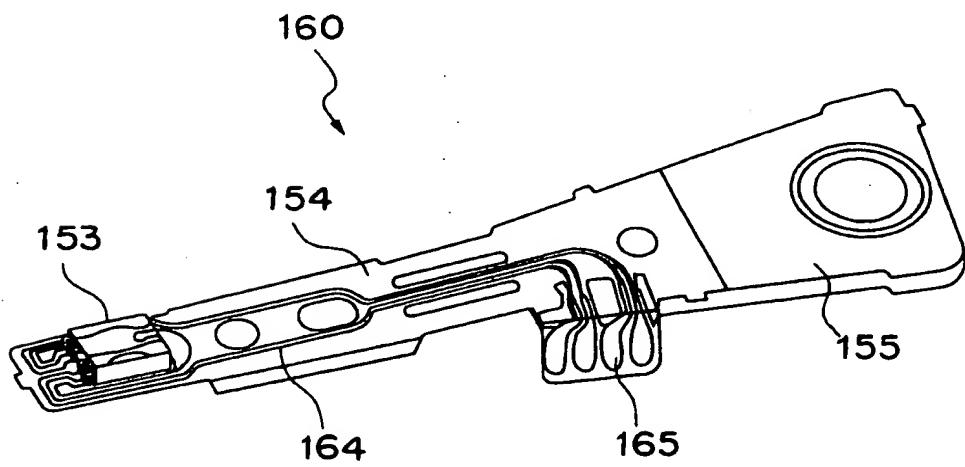
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 MR増大効果の得られるフリー層側の電子反射層を改良した磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 スピンバルブ構造におけるフリー層側の電子反射層を、高伝導層を構成する主要元素とは異なる元素の化合物を主成分として含有し、且つ実質的に結晶質とすることにより、電子反射特性を向上させ、熱的な安定性も改善することができる。または、フリー層側の電子反射層を多層構造として、フリー層に近い層を、フリー層から遠い層よりも酸化されやすい元素の酸化物により形成する。このようにすれば、保護層に対する酸素の拡散を防止するバリア効果を得ることができる。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月 22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝

2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝